Spülmaschinentabs

Ca. 70% der deutschen Haushalte besitzen eine Geschirrspülmaschine. Als Spülmittel werden heutzutage dafür hauptsächlich Spülmaschinentabs verwendet. Inhaltsstoffe von Spülmaschinentabs sind Wasserenthärter (z.B. Citrate), Natriumcarbonat, Tenside, Bleichmittel, Substanzen zur Verhinderung von Korrosion (Korrosionsinhibitoren), Farb- und Parfümstoffe.

Aufgaben

1 Wasserenthärtung
Die Wasserhärte wird insbesondere von Calcium- und Magnesiumionen hervorgerufen. Sie verringern die Reinigungswirkung von Tensiden durch Bildung schwerlöslicher Salze. Eine Substanz, die zur Wasserenthärtung verwendet wird, ist Natriumcitrat $Na_3(C_6H_5O_7)$.

1.1 Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die Reaktion von Natriumcitrat mit Calciumionen.

(2 BE)

1.2 Calciumcitrat hat eine Löslichkeit von $1{,}70 \cdot 10^{-3}\,\text{mol/L}$. Berechnen Sie die Massenkonzentration an Calciumionen $\beta(Ca^{2+})$ in mg/L in der Lösung.

(3 BE)

2 Natriumcarbonat
Natriumcarbonat wird dem Geschirrspülmittel zugegeben, um ein alkalisches Milieu zu erzeugen. In diesem zeigen waschaktive Substanzen eine höhere Wirksamkeit.

2.1 Zeigen Sie anhand einer Reaktionsgleichung die alkalische Reaktion von Natriumcarbonat mit Wasser.

(2 BE)

2.2 Berechnen Sie den pH-Wert einer Lösung von 4,00 g Natriumcarbonat in einem Liter Wasser. ($pK_{B1}(Na_2CO_3) = 3{,}60$).

(3 BE)

2.3 Der Gehalt an Natriumcarbonat in einem Spülmaschinentab wird durch Titration mit Salzsäure bestimmt. Folgende Reaktion läuft dabei ab:

$$2\ Na^+ + CO_3^{2-} + 2\ H^+ + 2\ Cl^- \rightarrow CO_2 + H_2O + 2\ Na^+ + 2\ Cl^-$$

2.3.1 Prüfen Sie, ob es sich bei dem fett gedruckten Messwert 4 in Material 1 um einen signifikanten Ausreißer handelt, und geben Sie das Ergebnis statistisch korrekt an.

(4 BE)

2.3.2 Berechnen Sie mithilfe der Angaben in Material 1 den Massenanteil an Natriumcarbonat in einem Spülmaschinentab.

(5 BE)

2.4 Natriumcarbonat bildet in wässriger Lösung OH^--Ionen, die zur Spaltung der Fettreste in Glycerin und die entsprechenden Carbonsäuren dienen. Diese Reaktion bezeichnet man auch als Verseifung. Entwickeln Sie den Reaktionsmechanismus für die Verseifung einer der drei Estergruppen des in Material 2 angegebenen Fettes

(4 BE)

3 Tenside
Ein häufig verwendetes Tensid ist Laurylalkoholethoxylat (Material 3).

3.1 Erklären Sie anhand der Struktur des Laurylalkoholethoxylats dessen Fähigkeit, Fette vom Geschirr zu entfernen.

Hinweis: Fette sind Ester des dreiwertigen Alkohols Glycerin (Propan-1,2,3-triol) mit drei, meist verschiedenen, unverzweigten aliphatischen Monocarbonsäuren (Material 2).

(3 BE)

3.2 Laurylalkoholethoxylat kann durch Reaktion von Laurylalkohol mit Ethylenoxid hergestellt werden (Material 3). Entwickeln Sie den Reaktionsmechanismus für diese Reaktion.

(4 BE)

4 Benzotriazol
Benzotriazol (Material 4) ist ein Inhaltsstoff vieler Spülmaschinentabs. Die Verwendung dieser Substanz ist umstritten, da bei ihr eine endokrine (hormonähnliche) Wirkung vermutet wird und sie nur schwer abbaubar ist. Benzotriazol soll das Anlaufen von Silberbesteck verhindern. Dabei bindet sich die Substanz auf dem Silber und verhindert damit eine Oxidation des Silbers (Material 4). Die Stärke der Wechselwirkung von Benzotriazol mit Silber ist dabei vom pH-Wert abhängig. Benzotriazol hat einen amphoteren Charakter, kann also als Säure und als Base reagieren.
Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen jeweils für die Umsetzung von Benzotriazol mit einer Säure (HA) und einer Base (|B). Erörtern Sie den pH-Bereich, in dem Benzotriazol die stärkste Bindung mit Silber eingeht.

(7 BE)

5 Entfernung von Erdbeerflecken
Die rote Farbe von Erdbeeren und damit auch die Verfärbung von mit Erdbeerresten verunreinigtem Geschirr beruht auf dem Farbstoff Pelargonidin (Material 5).

5.1 Geben Sie den Wellenlängenbereich des Lichts an, den der Farbstoff Pelargonidin (Material 5) absorbiert. Erklären Sie die Farbigkeit der Verbindung anhand mesomerer Grenzstrukturen unter Verwendung entsprechender Fachbegriffe.

(8 BE)

5.2 Pelargonidin reagiert in alkalischem Milieu zunächst zu dem in Material 5 dargestellten Molekül (1). Anschließend wird dieses von dem in Natriumpercarbonat ($2\ Na_2CO_3 \cdot 3\ H_2O_2$) enthaltenen Wasserstoffperoxid oxidiert.
Ermitteln Sie mithilfe von Material 5 die Oxidationszahlen und die stöchiometrischen Koeffizienten dieser Reaktion. Erklären Sie die entfärbende Wirkung von Wasserstoffperoxid.

(5 BE)

Material 1

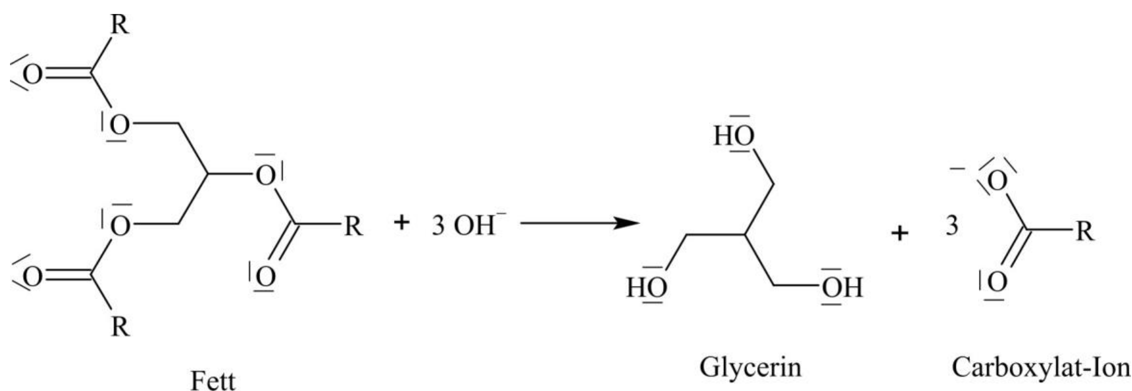
Bestimmung des Gehalts an Natriumcarbonat (Na_2CO_3) durch Titration mit Salzsäure

Durchführung
Ein Spülmaschinentab mit der Masse m = 20,4 g wird im Mörser pulverisiert, quantitativ in einen 250 mL Messkolben überführt und mit entionisiertem Wasser (E-Wasser) bis zur Markierung aufgefüllt. Davon werden 25,0 mL in einen weiteren 250 mL Messkolben pipettiert und mit E-Wasser aufgefüllt. Aus diesem Messkolben pipettiert man jeweils 25,0 mL in einen ERLENMEYER-Kolben, füllt auf ca. 100 mL mit E-Wasser auf, gibt 5 Tropfen Methylorange als Indikator hinzu und titriert mit Salzsäure-Maßlösung ($\tilde{c}$ = 0,100 mol / L, t = 1,004).
Die folgende Tabelle zeigt den Verbrauch V an Maßlösung:

Titration	1	2	3	4	5
Verbrauch in mL	15,2	15,1	15,1	**15,4**	15,0

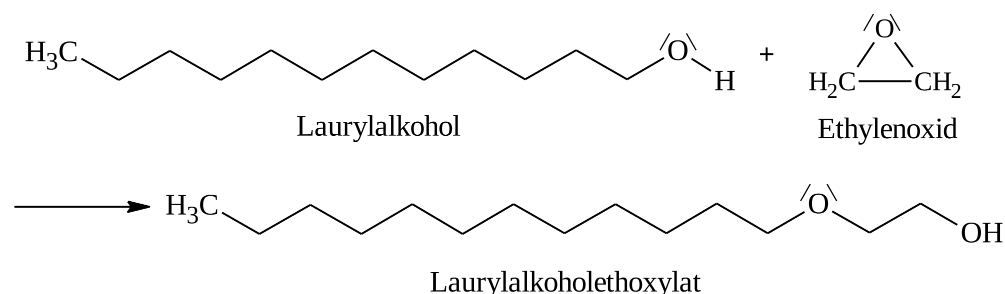
Material 2

Verseifung eines Fettes



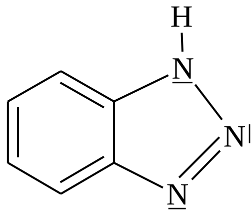
Material 3

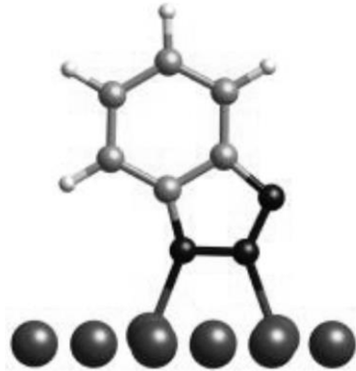
Synthese von Laurylalkoholethoxylat



Material 4

Strukturformel von Benzotriazol und die Bindung von Benzotriazol an Silber





https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-01626243/document, abgerufen am 05.01.2024.

Material 5

Oxidative Zerstörung von Pelargonidin

